

П. К. Отт, Б. Б.Зобнин,  
*Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия*

## **ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ ПО ОЧИСТКЕ КРВ**

This article discusses the construction of an ontological model of a pumping station, which is part of the design and implementation of DCS project for the purification of acid mine waters (AMW). During the design, the parameters that need to be added when designing the SCADA-system were identified: electricity and water consumption, voltage, pressure, pump motor parameters.

**Проблема:** из законсервированной шахты происходит излив кислых рудничных вод (КРВ) (кислыми называются воды, поступающие в подземные горные выработки из подрабатываемых водоносных горизонтов, поверхностных водотоков, у которых водородный показатель (рН) менее 4). Такая вода оказывает большое влияние на надежность насосного оборудования (трубопровод и насосная станция). КРВ содержит:

– NaOH – гидроксид натрия, который при контакте с кожей может привести к химическому ожогу и разъесть другие органические вещества [1]. Показатель рН = 3,0 [2];

– H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – серная кислота, так же как и NaOH разъедает органические вещества [3]. Показатель рН = 1,2 [2].

В данный момент нейтрализация воды производится измельченной известью. Так же есть колебания расходов воды и электроэнергии в осенне-весенний период.

**Цель:** перевод содержащейся ионной формы металла из рудничной воды в нерастворимую форму, при этом рудничная вода, должна соответствовать санитарно-эпидемиологическим нормам для сброса на рельеф.

**Онтология:** формализованное описание терминов (концептов) предметной области и отношений между ними. Задачей онтологического моделирования является создание формализованных электронных моделей знаний.

Цели применения этих моделей лежат в сфере бизнеса, и могут включать:

- выполнение имитационного моделирования процессов с целью их оптимизации;
- быстрое получение логических выводов на основании большого количества информации, с целью поддержки принятия решений;
- обеспечение доступности для восприятия пользователей больших объемов сложно структурированной информации, обмен знаниями между людьми;
- решение ряда технических задач, прежде всего, в области интеграции информационных систем [4].

Онтологическая модель была построена с помощью программы *Protégé* 5.5. *Protégé* является свободным программным средством с открытым исходным кодом для редактирования онтологий, разработанным в Стэнфордском университете. На рисунках представлены классы (рис. 1), а также граф предметной области (рис. 2).

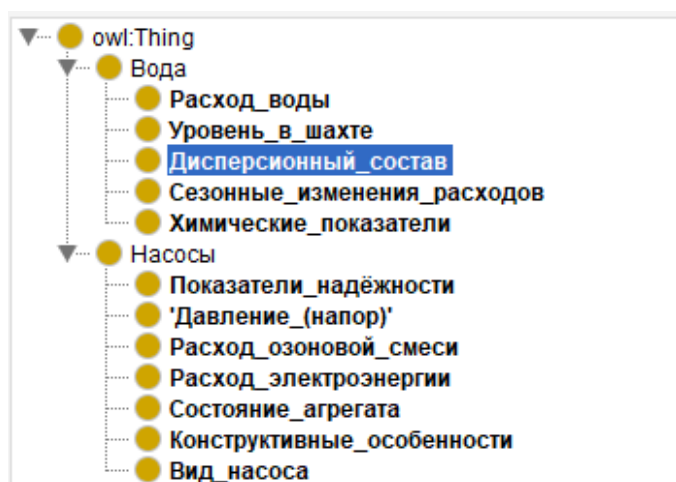


Рис. 1. Классы онтологии

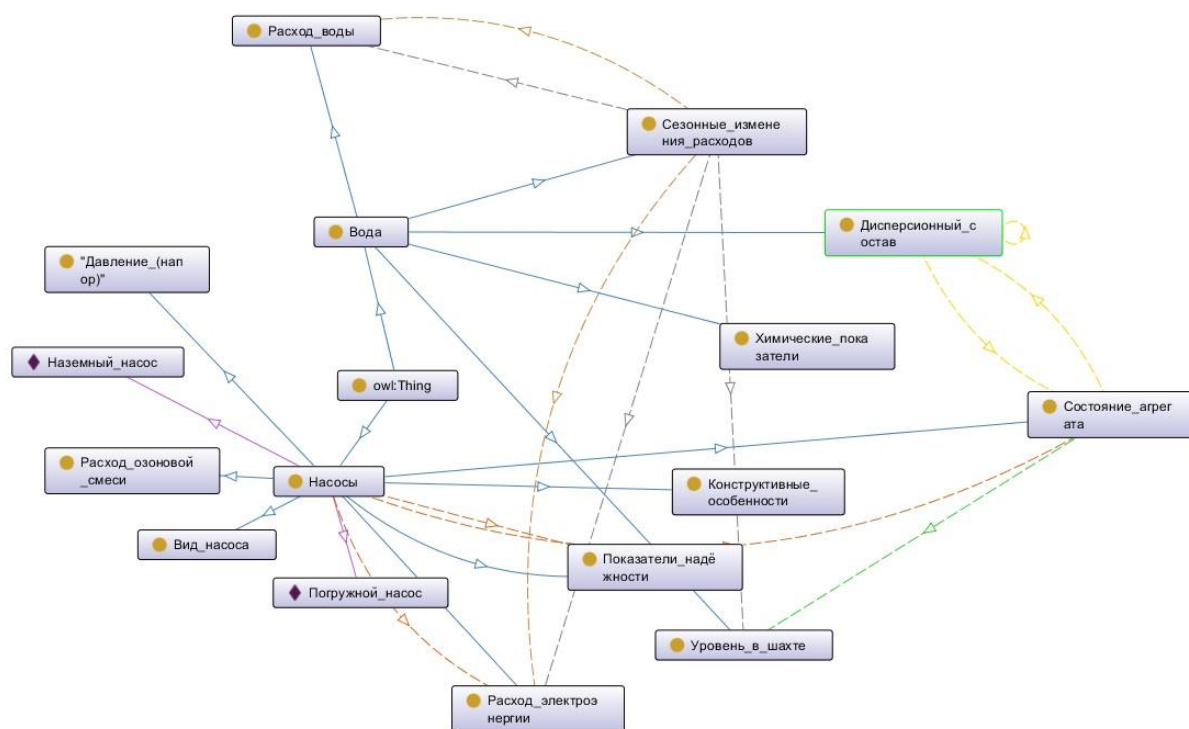


Рис. 2. Граф онтологической модели

Необходимо сформировать требования, следующие из онтологической модели, такие как:

- контроль и регулирование параметров двигателя (с целью не допустить его перегрев);
- контроль уровня воды в шахте;
- давление подачи воды;
- химический состав воды;
- уровень воды в шахте.

Нужно предусмотреть ситуацию с отключением или отказом насоса. Также в осенне-весенний период будут увеличены затраты на расход воды и электроэнергии в связи с паводками, эти показатели оказывают большое влияние на показатели надежности насоса.

Для станции был рассмотрен шахтных насос *D 300-460A* отечественной фирмы *DeLium*, которые подходит для работы с кислыми водами. Характеристики представлены в таблица 1 [4].

Технические параметры оборудования

Оборудование	<i>DeLium D 300-460A</i>
Подача воды	1620 м³/ч
Частота вращения	1450 об/мин
Напор	54 м
Перекачивание химически активных жидкостей	pH от 1 до 11
Материалы корпуса и рабочего колеса	Коррозионностойкий чугун, нержавеющая сталь, дуплекс (коррозионностойкая сталь с 26 % хрома)
Область применения	Нефтехимия, химическая промышленность, металлургия, горное дело

Насос настроен на сохранение постоянного давления через собственную систему автоматики. Повышение эффективности очистки воды по сравнению с традиционным озонированием обеспечивается при совместном использовании озона, короткоживущих активных частиц и других факторов, сопровождающих разряд, что достигается благодаря разряду в водо-воздушном аэрозоле и увеличении поверхности контакта «газ-жидкость». Для капель размером 10–100 мкм поверхность контакта составила  $10^4$ – $10^5$  см²/литр. По сравнению с потоком воды поверхность контакта увеличится в десять тысяч раз.

Для создания водо-воздушной смеси необходим эжектор.

Эжектор – устройство, позволяющее всасывать воду из глубинных источников от поверхности земли в десятки метров, не применяя более мощное оборудование. Данное устройство работает по закону Бернулли (создает в сужающемся сечении пониженное давление одной среды, что вызывает подсос в поток другой среды, которая затем уносится и удаляется от места всасывания энергией первой среды) [6].

Завершающей операцией удаления тяжелых металлов из воды является магнитная твердофазная экстракция (МТФЭ). В данном методе магнитные

наносорбенты непосредственно диспергируются в воде. По технологии МТФЭ сорбент отделяется от среды благодаря внешнему магнитному полю, что, существенно делая процесс проще и быстрее. В качестве сорбентов, в методе МТФЭ используются магнитные наночастицы (МНЧ), как правило, магнетит или маггемит, зачастую в модифицированном виде. Такие сорбенты можно использовать повторно, что делает данную технологию экономически выгодной и экологически безопасной. Данные преимущества дали возможность методу МТФЭ обрести широкое распространение, как в сфере очистки, так и при анализе объектов различной природы [7].

В работе рассмотрена онтологическая модель, предметной областью которой является насосная станция, а также шахтный насос, который подходит для работы с кислой средой и более современный способ очистки. Благодаря данной модели можно обосновать решение в выборе насосной станции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гидроксид натрия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%B4\\_%D0%BD%D0%B0%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%8F](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%B4_%D0%BD%D0%B0%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%8F) (дата обращения 31.12.2020).
2. Леенсон, И. Водные показатели (PH) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/19aa8003-a1ac-0211-206a-22d58a060072/1010409A.htm> (дата обращения 31.12.2020).
3. Серная кислота [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F\\_%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%B0](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%B0) (дата обращения 31.12.2020).
4. Горшков, С. Введение в онтологическое моделирование / С. Горшков. – ООО «ТриниДата», 2016. – С. 12–13.
5. Насосы DeLium (ДеЛиум) нового поколения двухстороннего входа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.hms->

livgidromash.ru/catalog/nasosy-delium-dvukhstoronnego-vkhoda-gorizontálne.html  
(дата обращения 31.12.2020).

6. Эжектор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL:  
<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%B6%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80> (дата обращения 31.12.2020).

7. Решетнева, И. С. Применение наночастиц магнетита, модифицированных полиэтиленмином, для концентрирования и определения некоторых флавоноидов / И. С. Решетнева. – Саратов, 2019. – С. 42–43.